VARIAÇÃO TEMPORAL DOS METAIS E DA TOXICIDADE DO SEDIMENTO DO RIO DOCE APÓS O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO

Daniel Macedo de Assis[1], Échily Sartori[2], Diego Lacerda[2], Letícia Pacheco Ribeiro[1], Carlos Eduardo de Rezende[2], Cristiane dos Santos Vergilio[1]

[1]Universidade Federal do Espírito Santo – Campus Alegre/Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde, Laboratório de Ecotoxicologia, Alto Universitário, S/N, Guararema – 29500-000 – Alegre-ES, Brasil macedodeassisdaniel@gmail.com, leticia.p.ribeiro@edu.ufes.br, cristiane.vergilio@ufes.br.
[2]Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – Centro de Biociências e Biotecnologia, Laboratório de Ciências Ambientais, Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, 28013-602, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil echilysartori1@gmail.com, diegolacerda@uenf.br, crezende@uenf.br.

Resumo
Em 2015, o rompimento da barragem de Fundão liberou rejeitos de mineração de ferro na bacia do Rio Doce, com potenciais efeitos sobre a biota. Este estudo avaliou as concentrações de metais e a toxicidade dos sedimentos coletados entre 2015 e 2022. As amostras de sedimento foram digeridas conforme o método US EPA 3052, e os elementos Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb e Zn foram determinados por ICP-OES. A toxicidade aguda foi avaliada com *Hyalella azteca*, conforme a ABNT NBR 15470:2013. As concentrações apresentaram heterogeneidade espaço-temporal, com excedências do PEL para As e Cd e do TEL para As, Cd, Cr, Cu e Hg. Houve redução dos teores de Fe próximo à barragem e aumento de Fe, Cr, Cu, Al e Zn nos setores próximos à foz com o tempo, sugerindo o transporte dos rejeitos. Amostras de diferentes locais e anos provocaram letalidade, parcialmente associada às excedências de TEL e PEL e correlacionada positivamente com Cu, Cr, Pb e Zn, sugerindo a contribuição de diferentes metais para os efeitos tóxicos observados. Os resultados reforçam a importância do monitoramento de longo prazo do Rio Doce.
Palavras-chave: Biomonitoramento. Contaminação ambiental. Ecotoxicologia. *Hyalella azteca*. Rejeitos de mineração.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas - Ecologia

Introdução

O rompimento da barragem de Fundão em novembro de 2015 liberou um volume superior a 50 milhões de m³ de rejeitos de mineração de ferro, que percorreram mais de 650 km até o Oceano Atlântico, caracterizando um dos maiores desastres ambientais do Brasil (IBAMA, 2015; ANA, 2016). O rejeito manifestava um predomínio de partículas finas ricas em Fe e Mn, havendo também a presença de outros elementos, como Al, As, Cd, Cu, Cr, Pb e Zn (Queiroz *et al.*, 2018; Sá *et al.*, 2021). O material liberado foi transportado em direção à foz e depositado no sedimento da bacia do Rio Doce ao longo do trajeto, fazendo deste compartimento um importante destino para o acúmulo de metais. Mesmo com a deposição, os elementos associados permanecem susceptíveis à eventos de remobilização, que podem favorecer sua liberação para a coluna d'água, e ampliar sua biodisponibilidade e potencial toxicidade para diferentes níveis tróficos, o que faz do sedimento uma importante matriz em análises ambientais (Vergilio *et al.*, 2021).

As características do material liberado desperta para avaliação do potencial tóxico do sedimento para a biota. De fato, alguns estudos indicam uma maior toxicidade nas amostras de sedimento em relação às de água por meio de ensaios com diferentes organismos bioindicadores (Lopes *et al.*, 2025). Após o rompimento também foi identificado potencial toxicogenético em sedimentos de diferentes pontos ao longo do Rio Doce (Vergilio *et al.*, 2021). Apesar dos avanços na caracterização da contaminação da bacia do Rio Doce após o rompimento da barragem, persiste a necessidade de investigar o potencial ecotoxicológico dos sedimentos de forma abrangente, conjugando abordagens que considerem a extensão da bacia e a influência temporal nas concentrações de metais e no potencial tóxico do sedimento.

O anfípodo *Hyalella azteca* é um organismo-teste adequado para a avaliação da toxicidade de sedimentos (USEPA, 2000), em função do seu hábito bentônico. Nesse sentido, o presente estudo avaliou as mudanças temporais (2015, 2016, 2021 e 2022) e espaciais nas concentrações de metais e toxicidade aguda de sedimento do Rio Doce, por meio de ensaios ecotoxicológicos com *H. azteca*.

Metodologia

As amostras de sedimento superficial (2 a 6 cm) foram coletadas por meio do amostrador Van Veen em quatro campanhas de amostragem: (1) 23 e 24 de novembro de 2015 (período chuvoso), nos pontos de Aimorés e Mascarenhas; (2) 09 a 12 de maio de 2016 (período seco), nos pontos de Bento Rodrigues, Barra Longa, Rio do Carmo, Bom Jesus do Galho, Ipatinga, Governador Valadares, Tumiritinga, Resplendor, Mascarenhas, Colatina, Linhares e Regência; (3) 21 a 29 de junho de 2021 (período seco) e (4) 10 a 19 de fevereiro de 2022 (período chuvoso), nos pontos de Bento Rodrigues, Barra Longa, Rio Doce, Ipatinga, Governador Valadares, Resplendor, Aimorés, Colatina, Linhares e Regência. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos e congeladas a -20 °C até o momento das análises.

A determinação dos elementos-traço foi realizada de acordo com o método USEPA 3052 (USEPA, 1995). A extração foi realizada a partir de alíquotas de 0,5 g (liofilizadas e homogeneizadas), por meio de digestão ácida (9 mL de HNO_3 + 4 mL de HF + 4 mL de HCl) em micro-ondas (Mars X-press, CEM) por 25 minutos a uma temperatura de 175 °C e potência de 1600W. Após a digestão, foram adicionados 25 mL de ácido bórico (H_3BO_3) para neutralização do HF e os tubos foram submetidos ao micro-ondas por 10 minutos a 170 °C. O extrato final foi filtrado em papel Whatman 40 e aferido a um volume final de 50 mL com HNO_3 0,5 N. A determinação dos elementos (Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb e Zn) foi realizada por ICP-OES (Varian 720-ES) e as concentrações obtidas foram comparadas aos valores de referência TEL (*Threshold Effect Level* - Nível limiar de efeito tóxico para a biota) e PEL (*Probable Effect Level* - Nível de provável efeito tóxico para a biota) propostos pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration* – EUA). Para controle analítico foram realizadas triplicatas analíticas a cada grupo de 5 amostras, sendo considerados os resultados de coeficiente de variação inferiores a 10%. Também foram analisados brancos analíticos a cada grupo de 10 amostras.

O cultivo e os ensaios ecotoxicológicos com *H. azteca* seguiram a normativa NBR 15470 (ABNT, 2013). Os ensaios foram conduzidos em potes de polipropileno de 350 mL, sendo adicionado 100 g do sedimento de cada ponto de coleta e 200 mL do meio de cultura. O grupo controle foi mantido em meio de cultura com plantas aquáticas (*Elodea sp.*) ao invés de sedimento. Após a montagem, seguiu-se com 24 h de decantação com posterior adição de 10 organismos de 7 a 14 dias de vida em cada réplica de cada grupo. Os organismos foram expostos por 10 dias e contabilizados ao final do experimento com auxílio de uma peneira (106 µm) e uma pipeta pasteur. Para a análise dos dados quantitativos foi realizada a análise de variância (ANOVA) de uma via seguida do teste *post hoc* Tukey ($p < 0,05$), por meio do software Graphpad Prism. A associação entre os dados dos elementos e a letalidade foi avaliada através de correlação de Pearson ($p < 0,05$) por meio do programa Rstudio.

Resultados

Os dados evidenciam uma heterogeneidade espaço-temporal na distribuição dos elementos no sedimento do Rio Doce. Entre 2016 e 2022, destaca-se a diminuição progressiva de Fe no ponto mais próximo a barragem (Bento Rodrigues) de 28.6590,0 para 85.843,7 µg/g. Em contraste, entre 2021 e 2022 as concentrações de Fe aumentaram nos trechos mais próximos à foz, passando de 23.652,9 para 86.135,4 µg/g em Colatina, de 21.460,2 para 82.321,7 µg/g em Linhares e de 7.185,7 para 32.666,0 µg/g em Regência. A dinâmica temporal de outros elementos reforçou esse padrão. Entre 2016, 2021 e 2022, concomitante a variações em pontos à montante, foram observados aumentos progressivos nas concentrações de Cr, Cu, Al e Zn em Colatina e Linhares. Em Linhares, por exemplo, as concentrações de Cr aumentaram de 11,4 µg/g, em 2016, para 23,1 µg/g, em 2021, e 97,2 µg/g, em 2022, enquanto as concentrações de Cu, de 2,4 para 6,5 e 28,9 µg/g (Tabela 1).

A comparação das concentrações com os valores indicadores de qualidade de sedimento evidenciou concentrações superiores ao PEL para As e Cd e ao TEL para As, Cd, Cr, Cu e Hg. Para o As, a concentração acima do PEL foi registrada em Bento Rodrigues em 2021, enquanto o Cd excedeu esse limite em Aimorés em 2015 e em Bento Rodrigues em 2016.

Tabela 1 - Concentração de metais no sedimento de diferentes pontos de coleta ao longo do Rio Doce. Os pontos foram amostrados em 2015, 2016, 2021 e 2022. Marcação cinza claro: valores acima do TEL (Nível limiar de efeito tóxico para a biota). Marcação cinza escuro: valores acima do PEL (Nível de provável efeito tóxico para a biota). NE: Não estabelecido. AIM – Aimorés, BAR – Barra Longa, BEN – Bento Rodrigues, BJG – Bom Jesus do Galho, COL – Colatina, GOV – Governador Valadares, IPA – Ipatinga, LIN – Linhares, MAS – Mascarenhas, RCA – Rio do Carmo, REG – Regência, RES – Resplendor, RDO – Rio Doce, TUM – Tumiritinga.

Ano	Ponto de coleta	Distância da barragem (km)	Al (µg/g)	As (µg/g)	Cd (µg/g)	Cr (µg/g)	Cu (µg/g)	Fe (µg/g)	Hg (µg/g)	Mn (µg/g)	Pb (µg/g)	Zn (µg/g)
2015	AIM	500	64470,0	<0,9	11,6	88,1	34,6	130030,0	0,142	1100,0	21,0	72,4
	MAS	523	1180,0	<0,9	0,1	4,8	0,8	1860,0	0,001	1350,0	0,4	3,4
2016	BEN	2,5	22540,0	<0,9	4,2	36,7	3,9	286590,0	0,189	50,0	8,3	31,4
	BAR	71	24060,0	15,9	1,5	29,5	8,6	118260,0	0,123	110,0	4,7	19,1
	RCA	157	11490,0	<0,9	0,6	24,0	5,4	11070,0	0,088	100,0	5,1	12,3
	BJG	242	27420,0	16,0	1,4	55,3	12,0	118540,0	0,140	60,0	5,8	46,0
	IPA	256	29390,0	20,2	2,9	113,6	17,8	218000,0	0,173	970,0	15,7	107,8
	GOV	365	18950,0	<0,9	0,7	25,0	5,7	24650,0	0,067	1260,0	8,7	22,7
	TUM	407	38310,0	<0,9	1,8	117,8	31,4	135270,0	0,004	1100,0	20,9	101,0
	RES	476	47900,0	19,0	2,5	108,8	25,7	23491,0	0,272	270,0	27,1	85,9
	MAS	523	11980,0	<0,9	0,5	11,1	2,7	3450,0	0,006	530,0	5,7	8,1
	COL	556	14210,0	<0,9	0,5	10,9	3,1	5240,0	0,009	440,0	6,2	13,4
	LIN	622	11960,0	<0,9	0,4	11,4	2,4	7930,0	0,011	3630,0	5,8	10,8
	REG	666	8210,0	<0,9	0,3	7,0	3,0	9800,0	0,015	670,0	3,3	9,0
2021	BEN	0,5	14244,5	120,1	1,1	19,0	6,3	196873,2	0,035	1305,0	2,0	18,6
	BAR	71	17445,3	8,0	0,6	56,7	8,6	155082,9	0,032	780,0	5,3	18,9
	RDO	102	21931,7	23,9	0,2	30,6	5,0	41689,5	0,008	279,7	7,9	22,6
	IPA	247	49032,2	0,9	0,6	38,1	11,5	123066,9	0,006	119,6	5,1	19,1
	GOV	365	31597,7	9,3	0,4	30,2	4,3	73097,6	0,011	382,4	5,5	28,8
	RES	476	33454,4	0,9	0,1	15,8	3,8	20710,2	0,008	128,3	8,8	14,4
	AIM	500	34764,8	0,9	0,1	32,5	9,5	36804,9	0,007	306,1	12,6	28,9
	COL	556	30662,3	0,9	0,1	22,3	5,7	23652,9	0,012	140,2	3,0	22,6
	LIN	622	25207,0	0,9	0,1	23,1	6,5	21460,2	0,001	215,9	2,7	17,3
	REG	666	11841,7	0,9	0,1	6,2	2,4	7185,7	0,045	30,1	1,9	46,3
2022	BEN	0,5	38827,7	0,9	1,6	38,3	11,8	85843,7	0,041	421,1	13,8	36,2
	BAR	71	23932,6	1,3	1,2	39,9	11,0	58658,6	0,039	585,0	7,4	27,7
	RDO	102	18362,4	9,6	0,8	60	11,2	35730,2	0,009	572,7	6,6	27,7
	IPA	247	19663,	6,2	1,9	55,4	11,8	73152,0	0,011	504,7	13,2	42,1

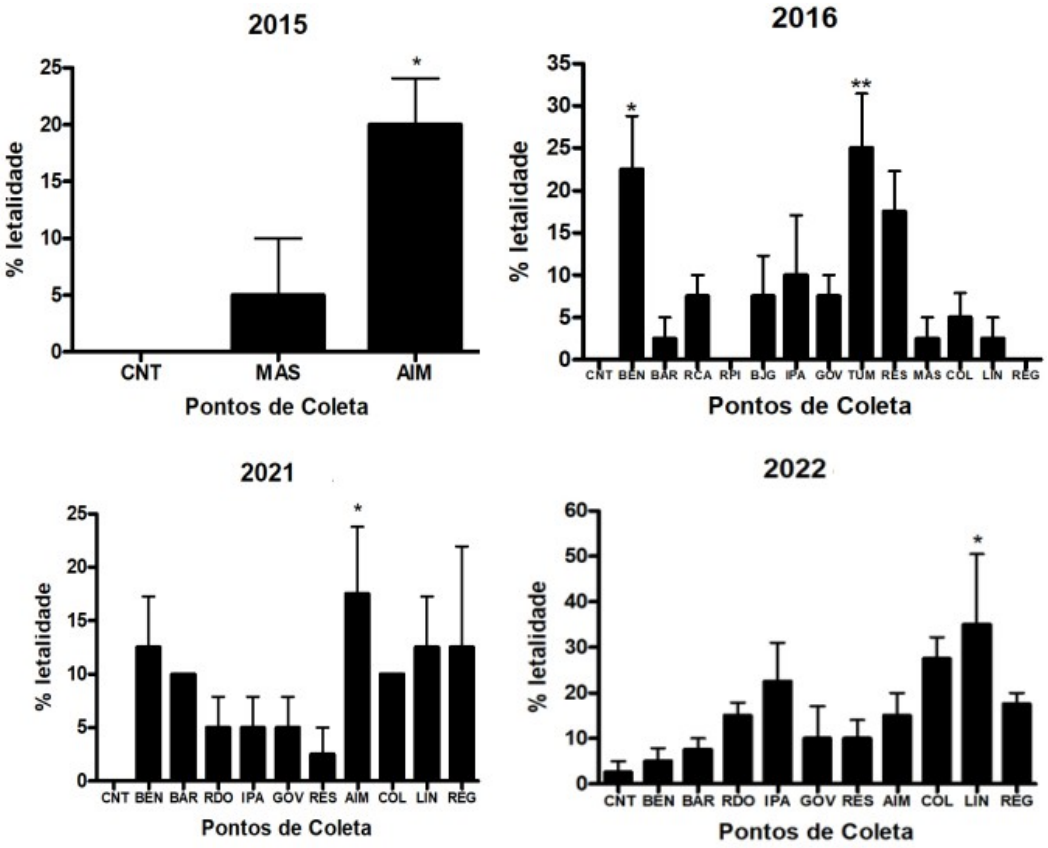
		7									
GOV	365	11351,2	5,5	0,7	28,3	5,6	24783,6	0,016	287,9	6,4	27,2
RES	476	25711,1	0,9	0,6	26,4	4,7	26859,8	0,009	237,2	3,6	23,7
AIM	500	26337,2	0,9	0,5	30,2	7,4	18396,1	0,014	205,5	4,2	22,5
COL	556	48317,7	14,7	1,6	91,7	26,3	86135,4	0,013	956,7	18,2	69,5
LIN	622	34217,9	14,2	1,6	97,2	28,9	82321,7	0,011	754,7	22,1	67,7
REG	666	44251,8	11,0	0,7	38,5	9,3	32666,0	0,045	286,8	6,6	40,7
NOAA TEL (ppb)		NE	7,24	0,70	52,30	18,70	NE	0,13	NE	30,20	124,00
NOAA PEL (ppb)		NE	41,60	4,20	160,00	108	NE	0,70	NE	112,00	271,00

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Concentrações de As superiores ao TEL foram observadas em Barra Longa, Bom Jesus do Galho, Ipatinga e Resplendor em 2016; Barra Longa, Rio Doce e Governador Valadares em 2021; e Rio Doce, Colatina, Linhares e Regência em 2022 (Tabela 1). Para Cd, violações do TEL ocorreram em Barra Longa, Bom Jesus do Galho, Ipatinga, Governador Valadares, Tumiritinga e Resplendor em 2016; Barra Longa em 2021; e Ipatinga, Colatina e Linhares em 2022. As concentrações de Cr excederam o TEL em Aimorés em 2015; Bom Jesus do Galho, Ipatinga, Tumiritinga e Resplendor em 2016; Barra Longa em 2021; e Ipatinga, Colatina e Linhares em 2022. Para o Cu, concentrações superiores ao TEL foram registradas em Aimorés em 2015; Tumiritinga e Resplendor em 2016; e Colatina e Linhares em 2022. O Hg excedeu o TEL em Aimorés em 2015 e em Bento Rodrigues, Bom Jesus do Galho, Ipatinga e Resplendor em 2016 (Tabela 1).

Os ensaios ecotoxicológicos com *H. azteca* evidenciaram letalidade significativa em Aimorés (2015), Bento Rodrigues e Tumiritinga (2016), Aimorés (2021) e Linhares (2022). Com exceção de Aimorés em 2021, os efeitos letais ocorreram em amostras que também apresentaram concentrações de um ou mais metais acima dos valores de TEL e/ou PEL. Entretanto, excedências desses valores-guia também foram registradas em diversos pontos sem ocorrência de letalidade significativa. Esses resultados indicam, portanto, uma correspondência parcial entre as concentrações de metais acima dos valores indicativos de qualidade do sedimento e os efeitos ecotoxicológicos observados (Figura 1).

Figura 1 - Letalidade do anfípodo *Hyalella azteca* exposto as amostras de sedimento do Rio Doce. AIM – Aimorés, BAR – Barra Longa, BEN – Bento Rodrigues, BJG – Bom Jesus do Galho, COL – Colatina, GOV – Governador Valadares, IPA – Ipatinga, LIN – Linhares, MAS – Mascarenhas, REG – Regência, RES – Resplendor, RCA – Rio do Carmo, RDO – Rio Doce, RPI – Rio Piranga, TUM – Tumiritinga.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A letalidade também apresentou correlações positivas com as concentrações de Cu (r = 0,70), Cr (r = 0,67), Pb (r = 0,64) e Zn (r = 0,63). Além disso, foram observadas fortes correlações entre as concentrações desses elementos (r ≥ 0,82) (Tabela 2).

Tabela 2 - Matriz de correlação de Pearson entre as concentrações dos elementos no sedimento e a letalidade de *Hyalella azteca*. Marcações cinzas indicam correlação significativa com a letalidade.

	Letalidade	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Pb	Zn
Letalidade	**1,00**	0,45	0,08	0,37	0,67	0,70	0,32	0,13	-0,04	0,64	0,63
Al		**1,00**	-0,07	0,55	0,62	0,74	0,27	0,29	-0,16	0,67	0,59
As			**1,00**	0,00	0,05	0,04	0,39	0,10	0,14	-0,05	0,05
Cd				**1,00**	0,50	0,63	0,47	0,54	0,10	0,54	0,50
Cr					**1,00**	0,91	0,45	0,44	0,05	0,86	0,92
Cu						**1,00**	0,33	0,33	0,09	0,88	0,84
Fe							**1,00**	0,45	0,00	0,24	0,41
Hg								**1,00**	-0,14	0,42	0,48
Mn									**1,00**	0,09	0,03
Pb										**1,00**	0,82
Zn											**1,00**

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Discussão

A diminuição das concentrações de Fe em Bento Rodrigues entre 2016 e 2022, juntamente com o aumento de Fe, Cr, Cu, Al e Zn em Colatina, Linhares e Regência ao longo do tempo, podem indicar processos de transporte em direção a foz. O aumento dos níveis de elementos na região estuarina e marinha também confirma a ocorrência de transporte do material liberado ao longo do Rio Doce (Sá *et al.*, 2021).

As excedências de TEL para As, Cd, Cr, Cu e Hg, e de PEL para As e Cd ao longo do tempo indicam que a contaminação do sedimento ainda é ecologicamente relevante em pontos específicos ao longo dos anos avaliados. Estudos anteriores demonstraram efeitos toxicogenéticos do sedimento em *Allium cepa* seis meses após o rompimento. Dados posteriores também indicam que a toxicidade não se restringiu às proximidades do rompimento, sendo observada letalidade espacialmente heterogênea com uma tendencia de persistência e redistribuição da toxicidade no sedimento do Rio Doce, em um monitoramento de cinco anos (2018-2023) (Lopes *et al.*, 2025).

Embora a relação entre letalidade e violações de TEL/PEL contribua para a interpretação dos efeitos observados, esses resultados não permitem estabelecer uma relação causal direta. Por outro lado, as correlações positivas de Cu, Cr, Pb e Zn com a letalidade sugere o envolvimento, ao menos parcial, desses metais na toxicidade aguda observada. Adicionalmente, observou-se correlações ainda mais fortes entre esses metais (Cu, Cr, Pb e Zn), indicando uma variação conjunta que pode sugerir sua origem em uma fonte em comum e/ou mecanismos de transporte compartilhados. Lopes *et al.* (2025) também atribui a toxicidade observada em diferentes organismos do ambiente dulcícola e marinho a uma mistura complexa de poluentes.

Vergilio *et al.* (2021) identificaram que o rejeito foi transportado principalmente como material particulado em suspensão (MPS). Queiroz *et al.* (2018) sugerem que a dinâmica de transporte de Cu, Cr, Pb e Zn pode ser influenciada pela interação com óxi-hidróxidos de Fe, possivelmente respaldando a ideia de que, em certo nível, a correlação entre esses metais seja um reflexo de uma redistribuição conjunta intermediada pelos óxi-hidróxidos presentes no rejeito, sendo transportados como MPS (Queiroz *et al.*, 2018; Vergilio *et al.*, 2021).

De um modo geral, o conjunto de resultados ressaltam a persistência e redistribuição dos impactos, uma vez que mesmo com a diminuição das concentrações de certos metais à montante, houve um acúmulo nos pontos mais próximos da foz, permanência de letalidade e violações do TEL/PEL marcadas pela heterogeneidade espaço-temporal discussão deve estar bem embasada e considera os resultados do autor e artigos da literatura atuais.

Conclusão

O presente estudo evidenciou variações espaço-temporais nas concentrações de metais e na toxicidade dos sedimentos do Rio Doce entre 2015 e 2022, com redistribuição ao longo da bacia e possível influência multielementar (Cu, Cr, Pb e Zn) na letalidade. Paralelamente, as excedências de TEL e PEL reforçam a persistência de condições ecotoxicologicamente relevantes, apontando para a necessidade de monitoramentos de longo prazo que acompanhem a evolução da contaminação no sedimento e seus potenciais efeitos sobre a biota local.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2015: encarte especial sobre a Bacia do Rio Doce: rompimento da barragem em Mariana/MG.** Brasília, DF: ANA, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15470: ecotoxicologia aquática — toxicidade aguda e crônica — método de ensaio com *Hyalella* spp. (Amphipoda) em sedimentos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (Brasil). **Laudo técnico preliminar: impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais.** Brasília, DF: IBAMA, 2015.

LOPES, Taciana Onesorge Miranda et al. A six-year ecotoxicological assessment of the Doce river and coastal marine areas impacted by the Fundão tailings dam failure, Brazil. **Environmental Pollution**, v. 371, art. 125897, 2025. DOI: 10.1016/j.envpol.2025.125897.

QUEIROZ, Hermano M. et al. The Samarco mine tailing disaster: a possible time-bomb for heavy metals contamination? **Science of the Total Environment**, v. 637-638, p. 498-506, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.370.

SÁ, Fabian et al. Time-sequence development of metal(loid)s following the 2015 dam failure in the Doce River estuary, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 769, p. 144532, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144532.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates**. 2. ed. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2000. EPA/600/R-99/064.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Method 3052: microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices.** Washington, DC: USEPA, 1995.

VERGILIO, Cristiane dos Santos et al. Immediate and long-term impacts of one of the worst mining tailing dam failure worldwide (Bento Rodrigues, Minas Gerais, Brazil). **Science of the Total Environment**, v. 756, p. 143697, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143697.

Agradecimentos

A Universidade Federal do Espírito Santo que forneceu a infraestrutura para o desenvolvimento desse trabalho, nas dependências do Laboratório de Ecotoxicologia (LABTOX) e do Laboratório de Estudos em Ciências Ambientais (LECA). Ao financiamento fornecido pela Recursos provenientes da CHAMADA FAPES/FAPEMIG/FUNDAÇÃO RENOVA - RECUPERAÇÃO DE ÁREAS IMPACTADAS PELO ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO/MG (Termo de Outorga: 006/2021) (Processo: 2021-5KQR9) por viabilizar o desenvolvimento desse projeto.